

Mobilitat elèctrica, mobilitat sostenible

Accessibilitat, mobilitat i energia

Carles Riba Romeva

President de CMES i professor emèrit de la UPC

Girona, 19 de setembre de 2019

Índex

1. **Combustibles fòssils i emergència climàtica**
2. **La mobilitat, punta de llança de la crisi**
3. **Accessibilitat i mobilitat**
4. **Canvis tecnològics en la mobilitat**
5. **Canvis socials en l'accessibilitat**

1. Combustibles fòssils i emergència climàtica



Usos energètics insostenibles

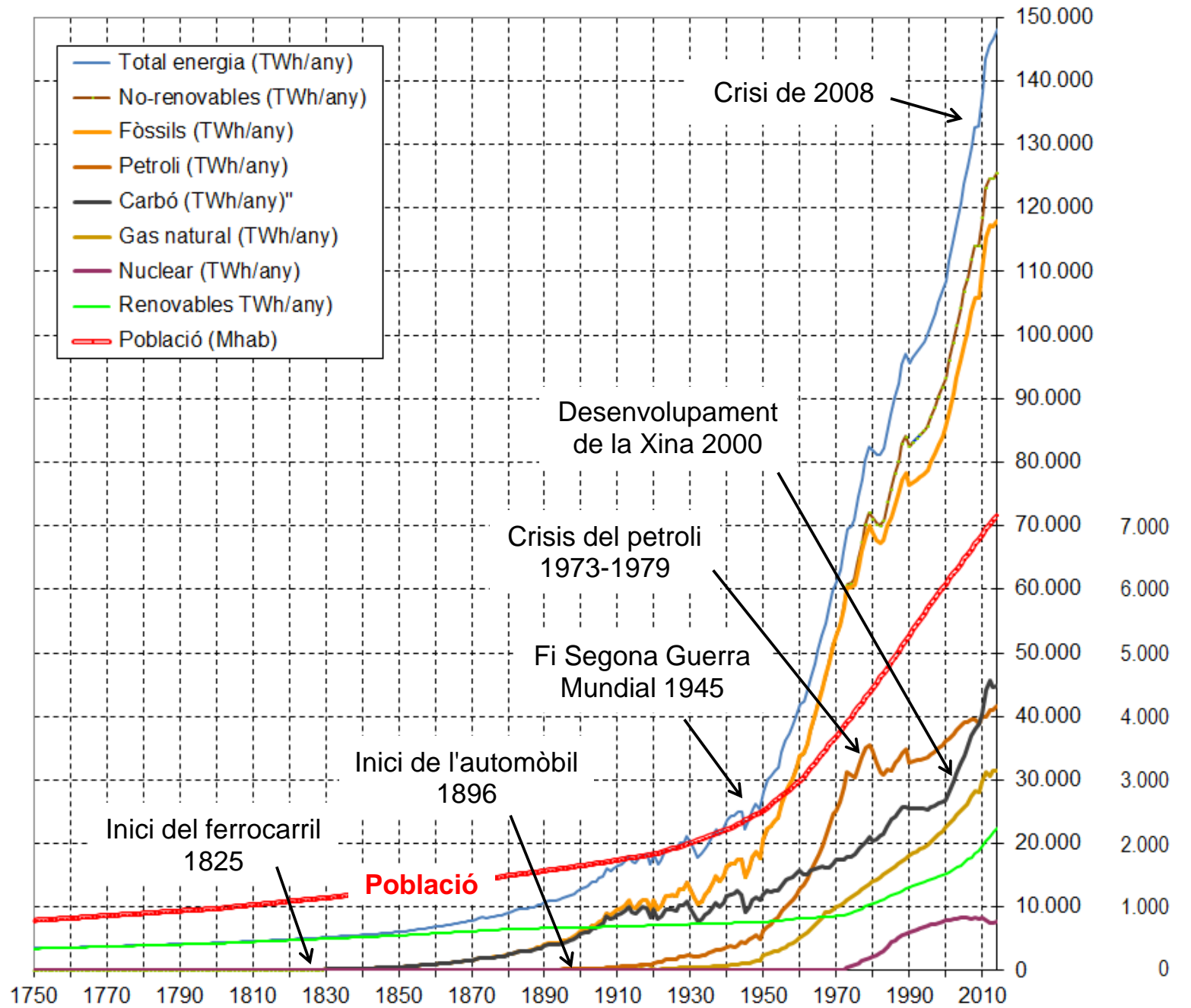
- **POBLACIÓ I ENERGIA:** En poc més de dos segles i mig (1750-2015), la població humana creix 10 vegades i els usos d'energia creixen 40 vegades. A més, els temps s'acceleren: el canvi percentual entre 1750 a 1950 (200 anys) és equivalent al canvi percentual de 1950 a 2015 (65 anys)
- **RECURSOS ENERGÈTICS:** El sistema energètic mundial (148.000 TWh/any) està suportat en el 85% per combustibles fòssils i urani, fonts finites, no renovables (a escala de temps humana) i contaminants. La màxima proporció de fonts no renovables va tenir lloc el 1973 (87%)
A Catalunya, les fonts no renovables són el 92% de 265 TWh/any
- **ALTERNATIVA.** Les fonts renovables (quasi totes derivades de la radiació solar, 10.000 vegades els usos actuals) són suficients per a cobrir el sistema energètic humà, però cal canvis tècnics i socials de gran envergadura
- **TRANSICIÓ ENERGÈTICA.** La crisi de les fonts energètiques no renovables (fòssils i urani) no és una opció. Tindrà lloc SI o SI. El que és una opció és com l'encarem. La crisi energètica i climàtica ve associada a la crisi d'altres recursos no renovables, o difícilment renovables a l'escala de temps humana (sòls fèrtils, pesqueries, atmosfera, boscos, aigua dolça, minerals)

Món. Usos energètics 1751-2014

Energia Població

ia,

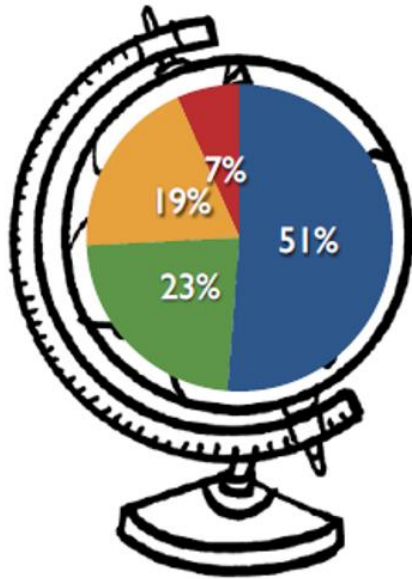
1. Els combustibles fòssils i l'emergència climàtica



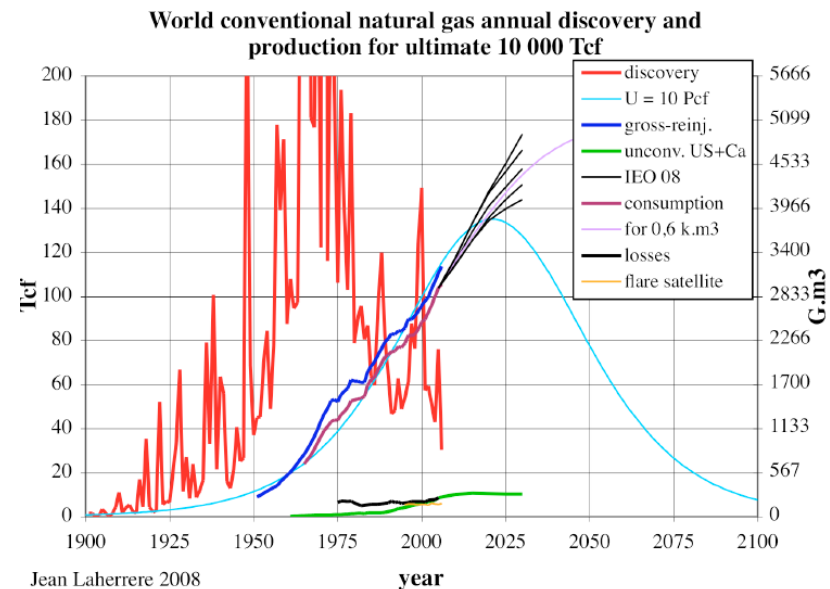
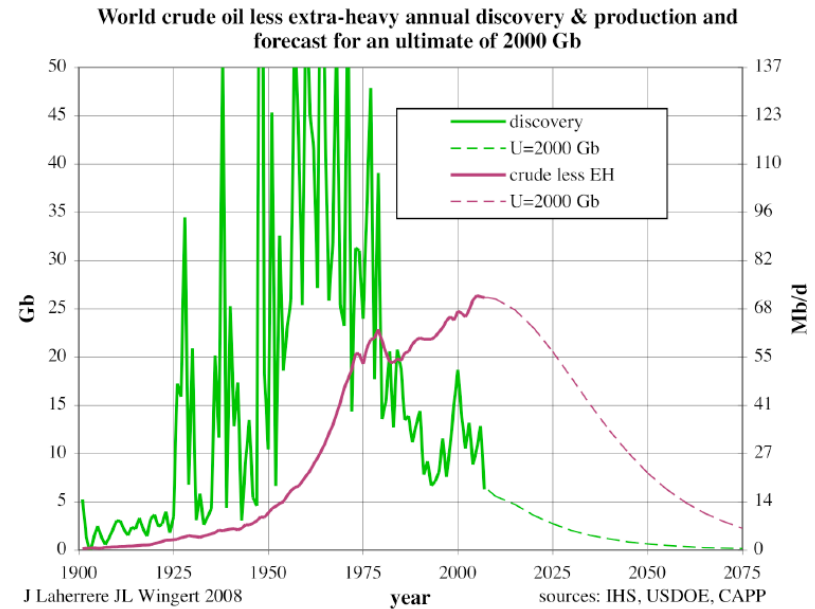
Reserves de fòssils i nuclear

Avaluades en PWh (= 10^{12} kWh) (2008):

- Carbó: 5.055 PWh
- Petroli: 2.265 PWh
- GN: 1.885 PWh
- Urani: 660 PWh
- Total: 9,865 PWh**

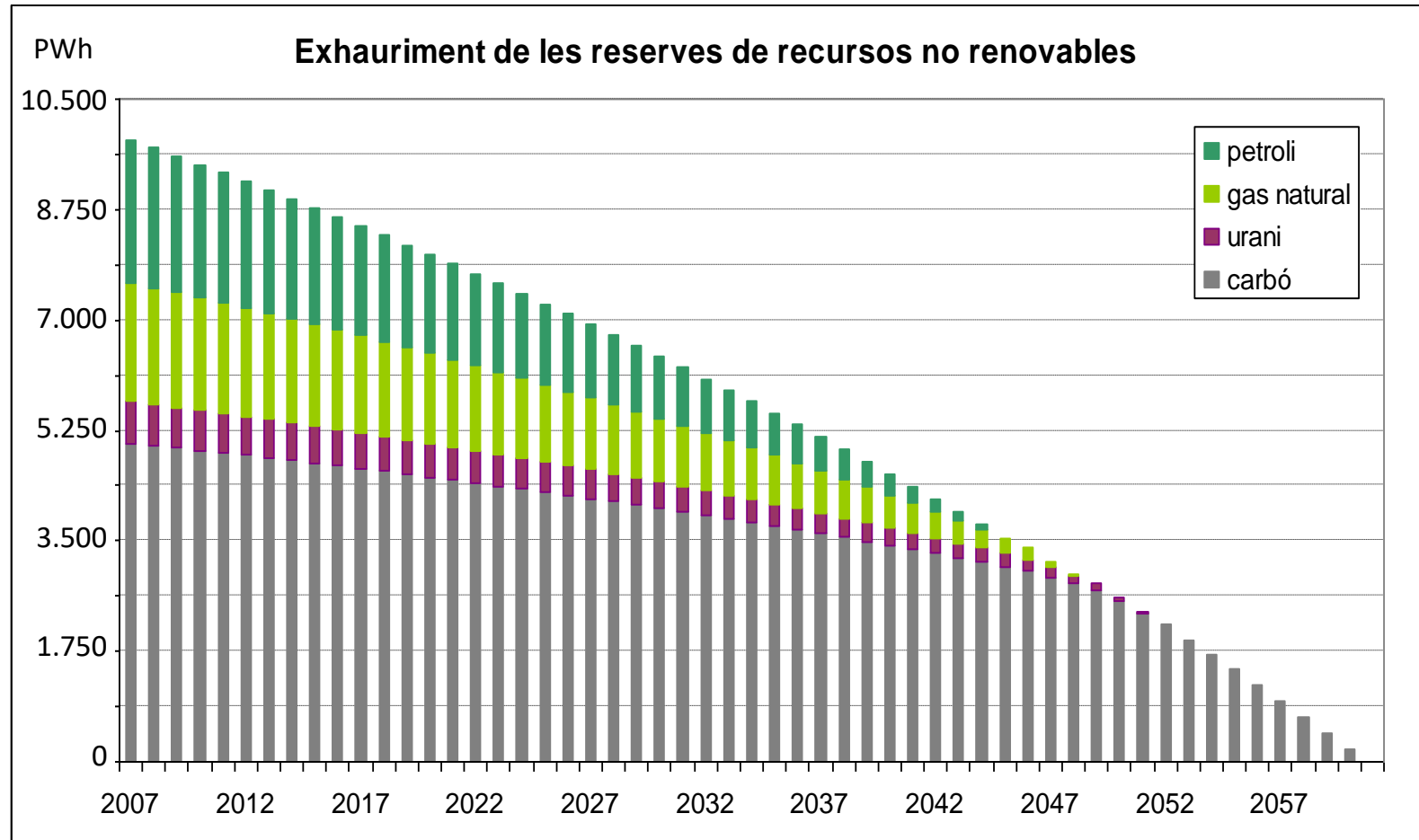


Font: Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepitibles (Carles Riba Romeva)



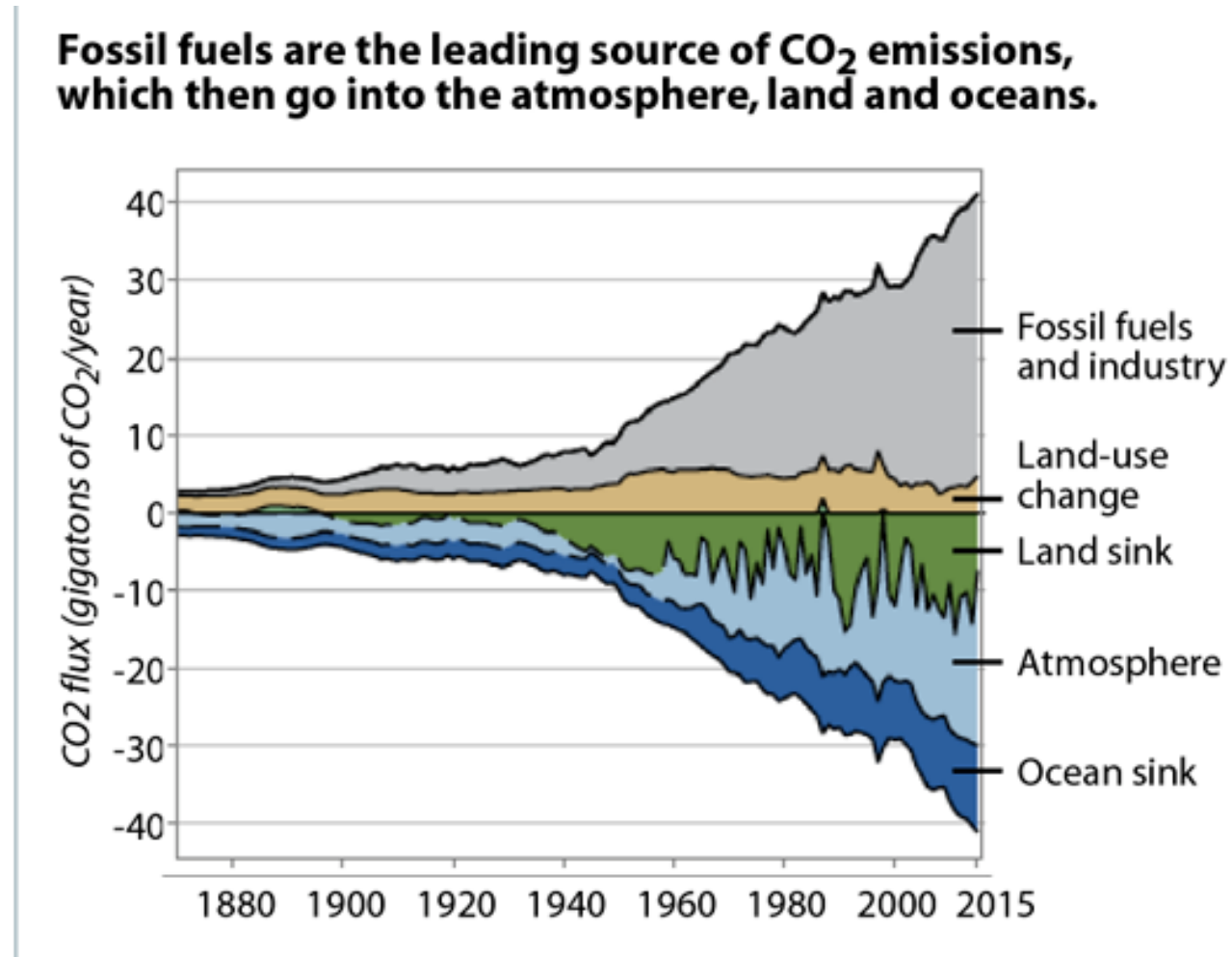
Seqüència d'exhauriment

Suposant que es mantenen les tendències de consum actuals:



Font: Recursos energètics i crisi. La fi de 200 anys irrepetibles (Carles Riba Romeva)

Emissions de CO₂ causades pels fòssils i la indústria



SOURCE: U.S. Global Change Research Program

InsideClimate News

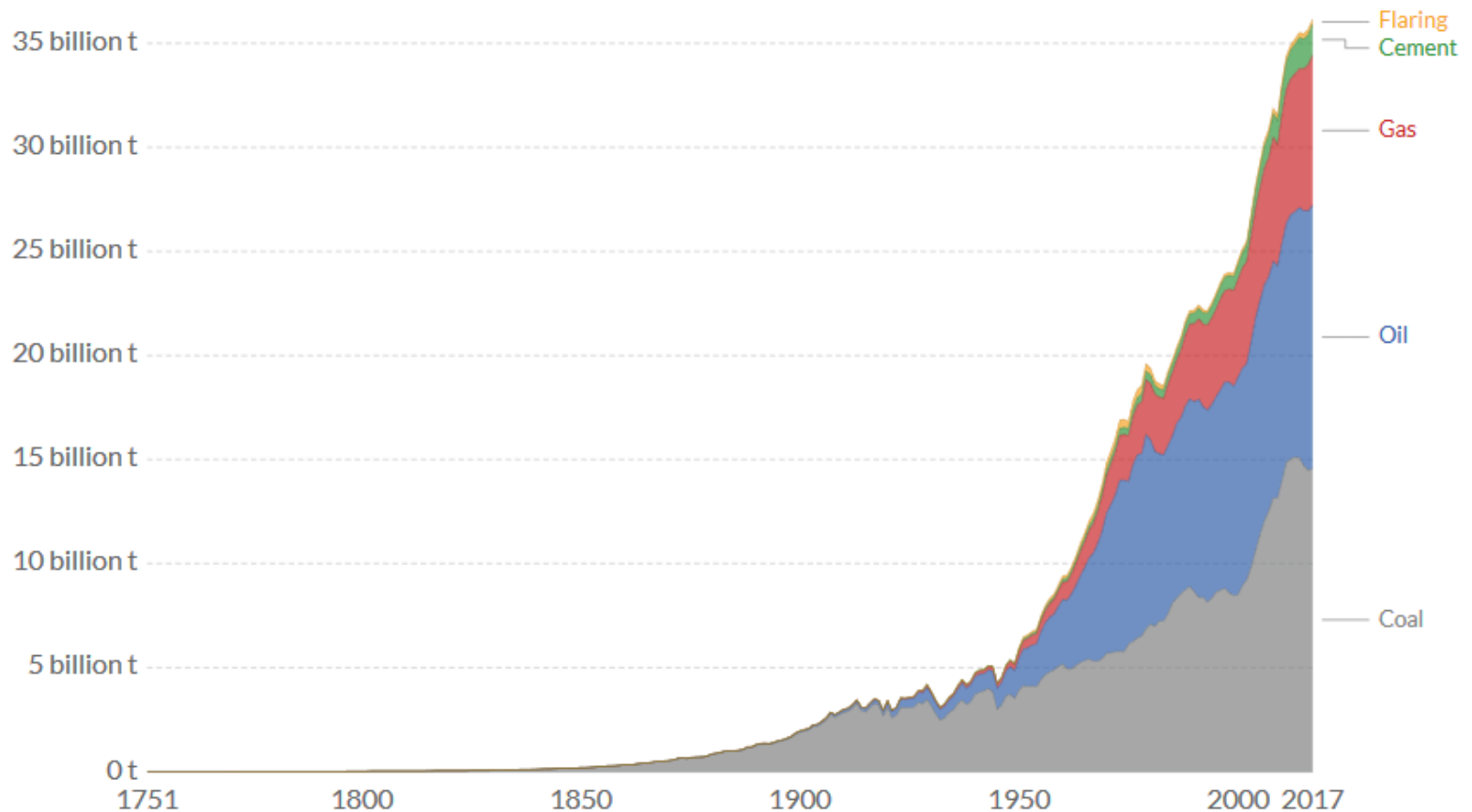
<https://insideclimatenews.org/content/co2-sources-sinks-national-climate-assessment>

Emissions de CO₂ causades pels fòssils i la indústria

CO₂ emissions by fuel type, World

Annual carbon dioxide (CO₂) emissions from different fuel types, measured in tonnes per year.

Our World
in Data



Source: Global Carbon Project (GCP); CDIAC

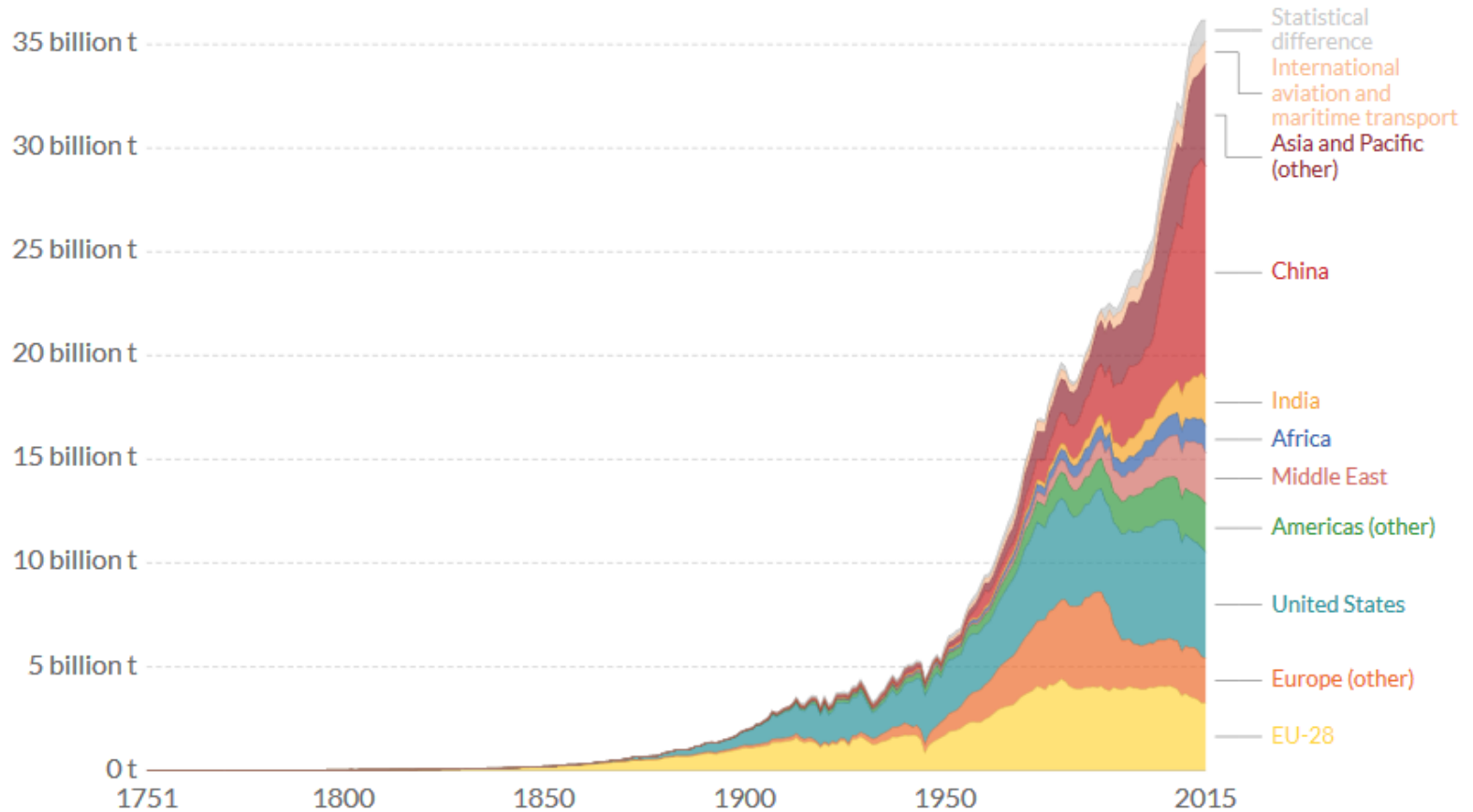
CC BY

<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Emissions de CO₂ segons regions del món

Annual CO₂ emissions by world region
Annual carbon dioxide (CO₂) emissions measured in tonnes per year.

Our World
in Data



Source: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC); Global Carbon Project (GCP)

CC BY

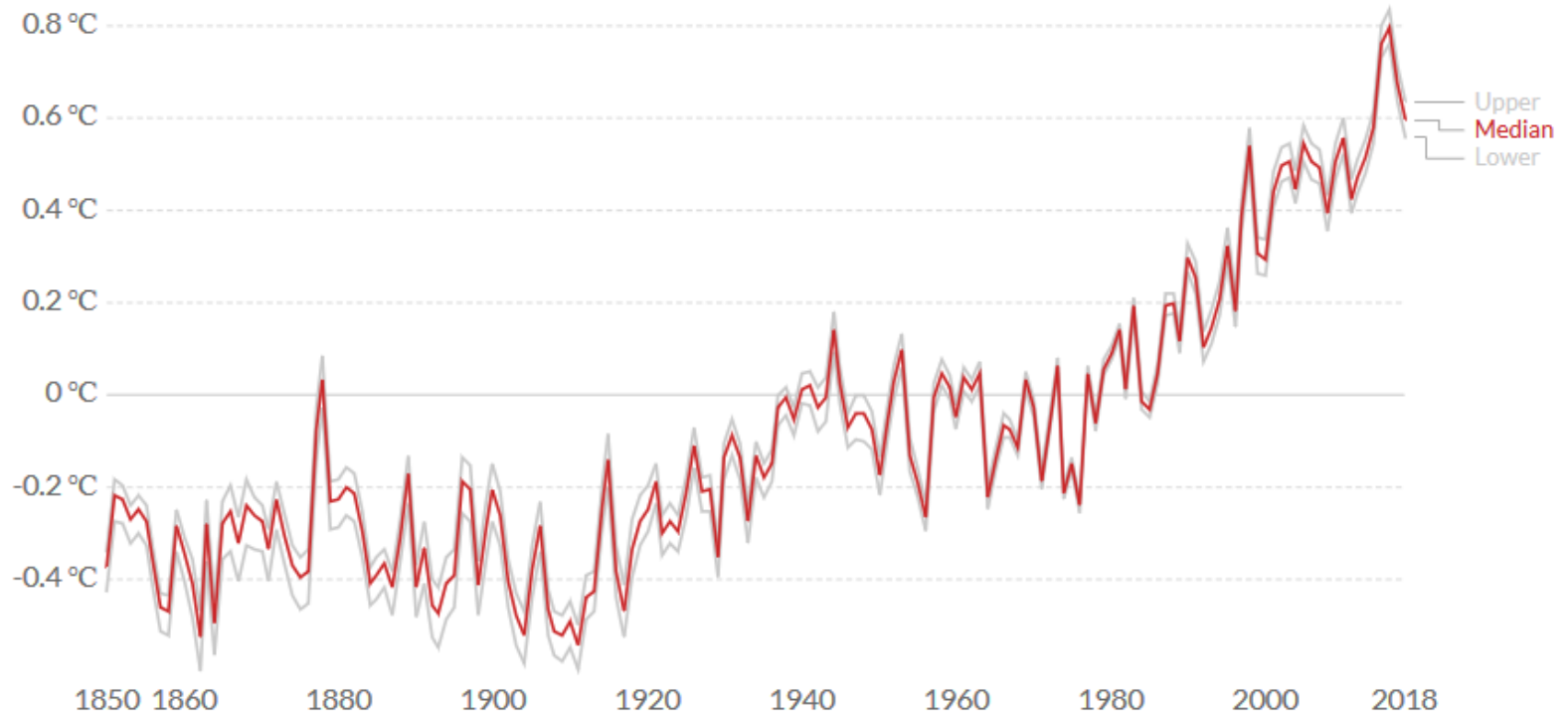
<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Temperatura mitjana global

Average temperature anomaly, Global

Global average land-sea temperature anomaly relative to the 1961-1990 average temperature in degrees celsius (°C). The red line represents the median average temperature change, and grey lines represent the upper and lower 95% confidence intervals.

Our World
in Data

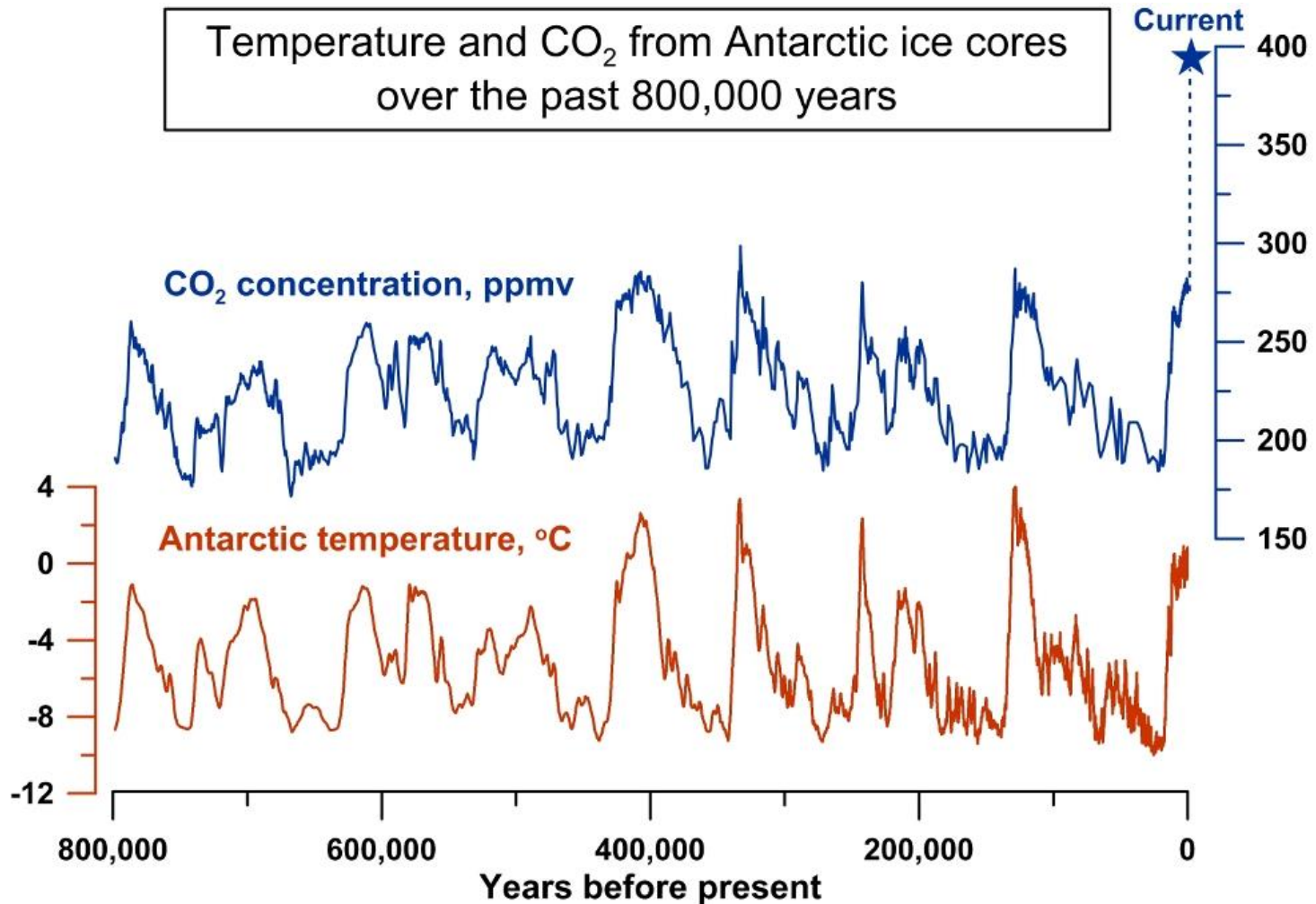


Source: Hadley Centre (HadCRUT4)

CC BY

<https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Emissions durant les glaciacions



<https://robertscribblers.com/tag/480-ppm-co2e/>

2. La mobilitat, punta de llança de la crisi



El transport captiu del petroli

EL PETROLI I EL TRANSPORT:

El **77,1%** dels **derivats del petroli** a escala mundial es destina al **transport**

El **95%** del **transport** mundial es mou amb **derivats del petroli**; el petroli serà el primer combustible fòssil a exhaurir-se (probablement vers 2045)

TRANSPORT DE PASSATGERS:

Els modes d'alt consum són l'AUTOMÒBIL i l'AVIÓ, i són el **83,1%** del transport de passatgers en els **països OCDE** i el **42,0%** en els **països No-OCDE**

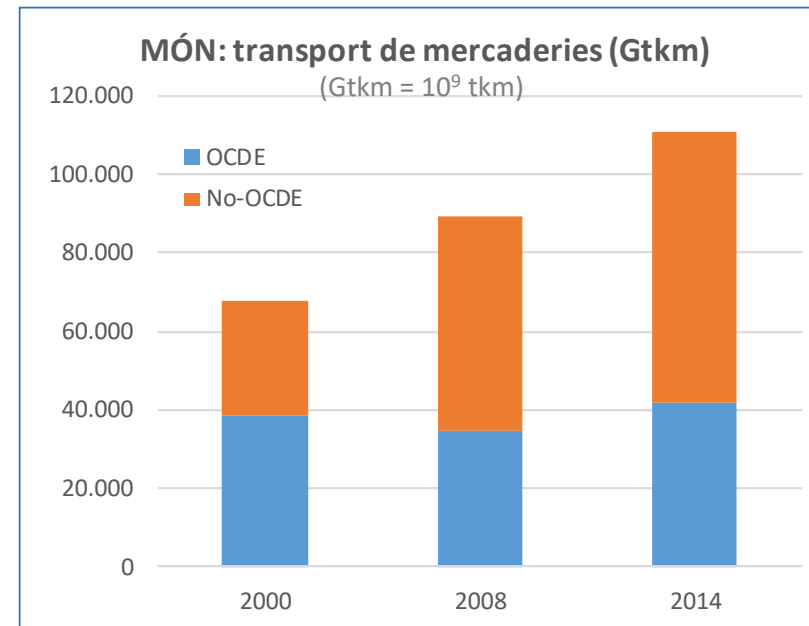
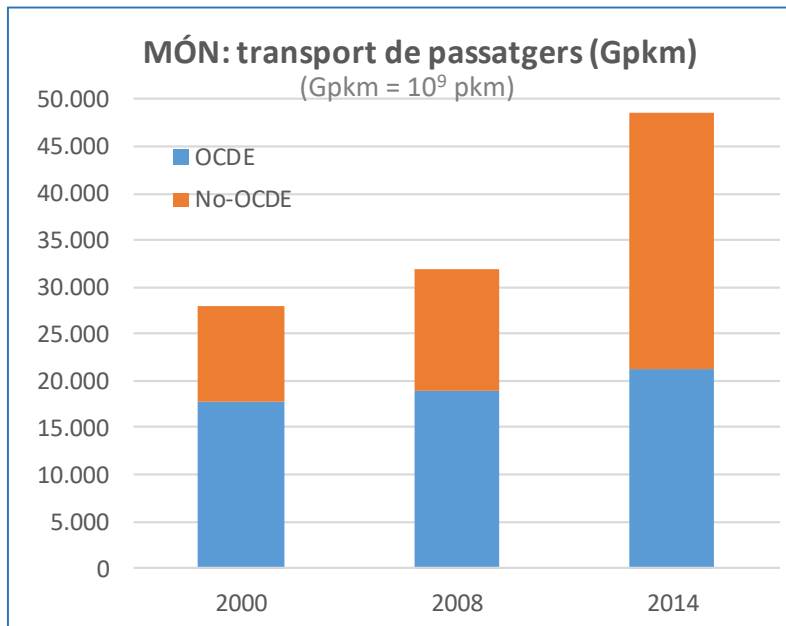
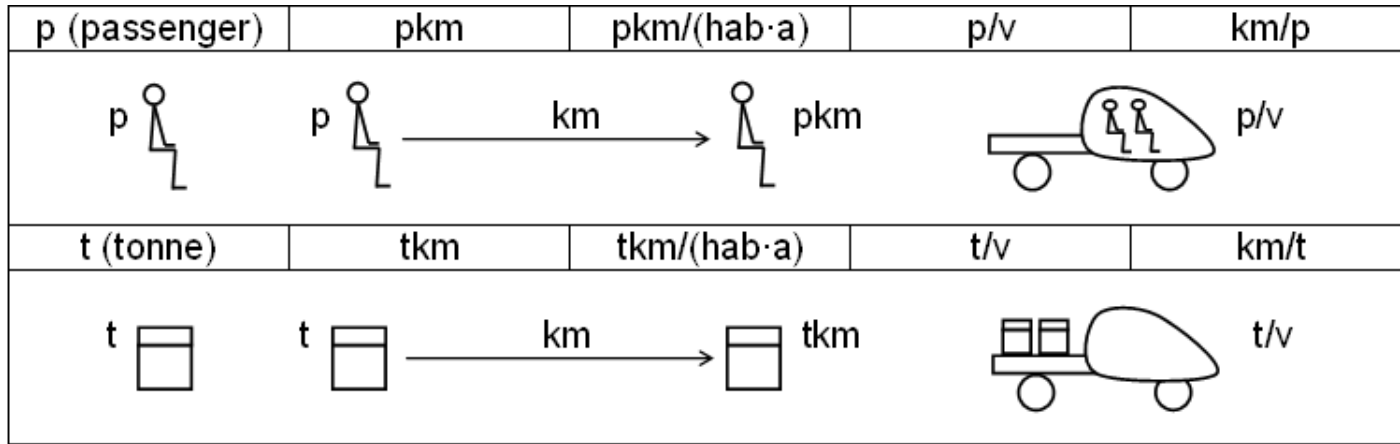
Les mitjanes mundials són: **18,6 pkm/hab/dia** (passatgers quilòmetre per habitant i dia); en els **països OCDE** és **46,6 pkm/hab/dia** (dels que **38,7** són en mitjans **d'alt consum**) i en els països No-OCDE és de **7,9 pkm/hab/dia**

TRANSPORT DE MERCADERIES:

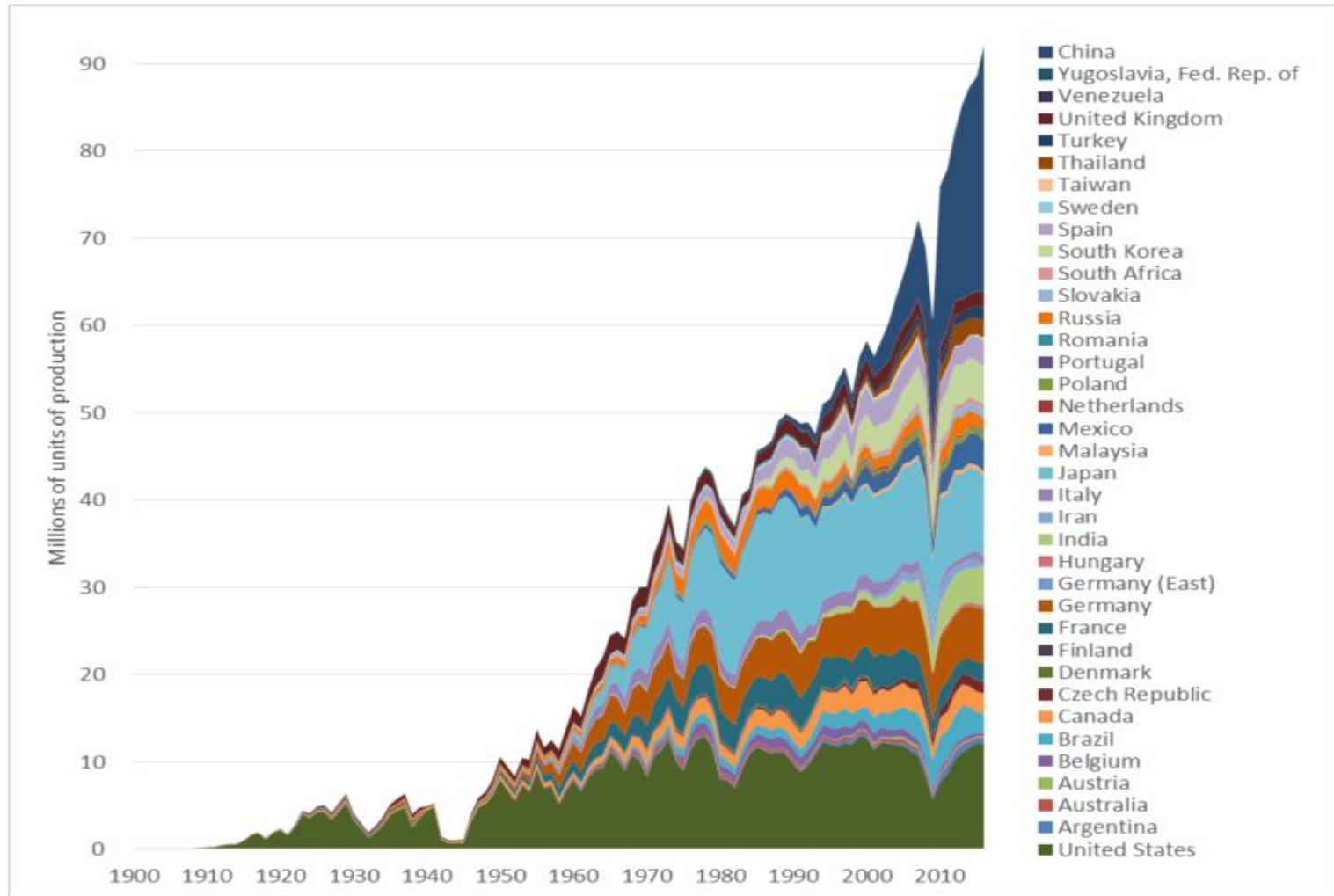
Els modes d'alt consum són el CAMIÓ i l'AVIÓ. En el món, tant als països **OCDE** com en els **No-OCDE**, la major part del transport de mercaderies es realitza en modes de baix consum (**90,2%**), majoritàriament en vaixell (**75,0%**)

La mitjana mundial és de **42,4 tkm/hab/dia** (tones quilòmetre per habitant i dia); en els **països OCDE** és de **91,0 tkm/hab/dia** mentre que en els països No-OCDE és de **32,1 tkm/hab/dia**

La mesura del transport

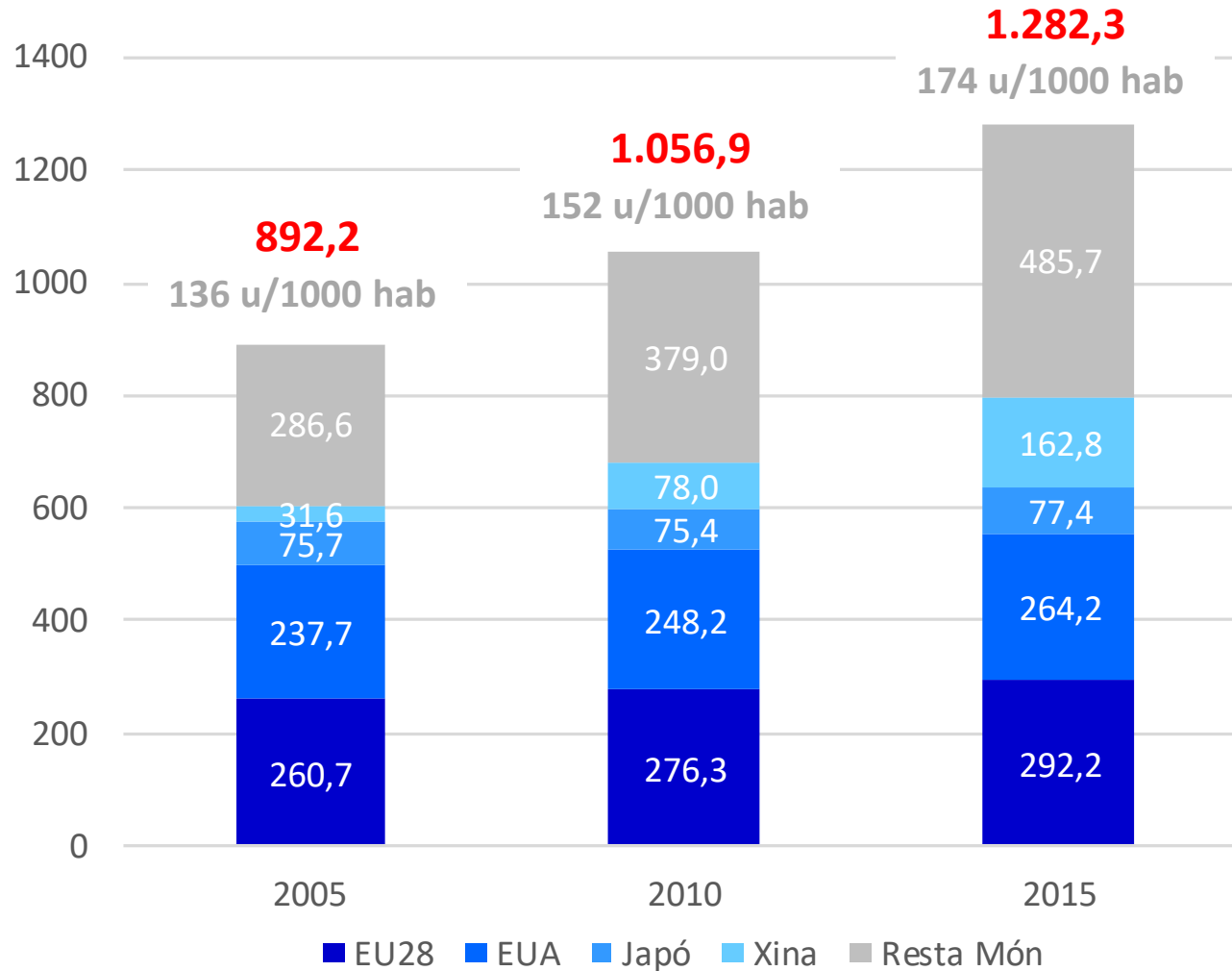


MÓN: Fabricació de vehicles de motor



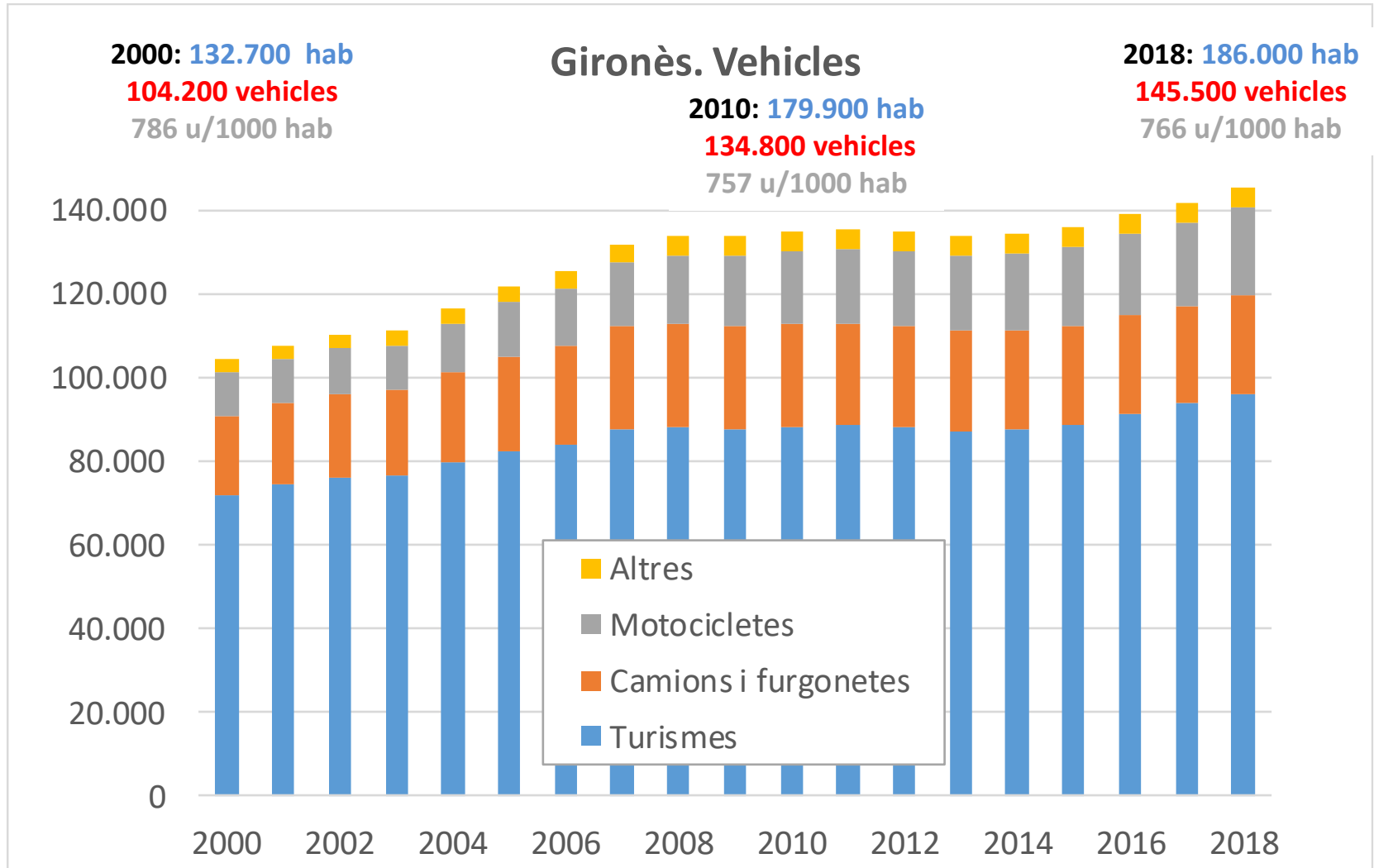
<http://www.oica.net/production-statistics/>

MÓN: Parc de vehicles de motor (milions d'unitats)



<http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>

GIRONÈS: Evolució del parc de vehicles



<https://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=588>

3. **Accessibilitat i mobilitat**



Precisar els conceptes

ACCESSIBILITAT (l'objectiu, el benefici):

Accessibilitat, en el sentit ampli (**física** i **virtual**), és la capacitat de les persona per accedir als llocs, als béns, als serveis, a la informació i al coneixement com a condició bàsica per resoldre el seu sosteniment vital i per satisfer les necessitats i desitjos a través de la seva inclusió i participació en la societat

MOBILITAT, INFORMACIÓ-COMUNICACIÓ (activitats):

La **mobilitat** és l'activitat de moure físicament persones i béns

La **informació-comunicació** és l'activitat de generar i transmetre informació

TRANSPORT I TECNOLOGIES-TIC (mitjans, instruments):

El **transport** inclou tots els mitjans per fer efectiva la mobilitat física de les persones i les mercaderies

Les **tecnologies TIC** (tecnologies de la informació i la comunicació) inclouen els mitjans per fer efectiva la informació i la comunicació (directament o a distància) entre les persones o entre les persones i les màquines

Posar el focus en l'accessibilitat (el valor)

Cal no confondre l'accessibilitat (que és un valor per a les persones) amb la mobilitat i la informació i comunicació (que són activitats físiques i virtuals) o amb el transport i els fluxos de dades i canals de comunicació (que són els mitjans per a dur-les a terme)

Ens agrada ser als llocs, obtenir el necessari, accedir al coneixement. Però, ens preocupa la congestió de la mobilitat en les ciutats, carreteres i aeroports o l'excés o la falsedat de moltes informacions i comunicacions

Per aconseguir un valor més gran per a les persones, convé posar el focus en l'accessibilitat, les seves possibilitats i límits, probablement en base a menys accions de mobilitat i de comunicació però més adequades

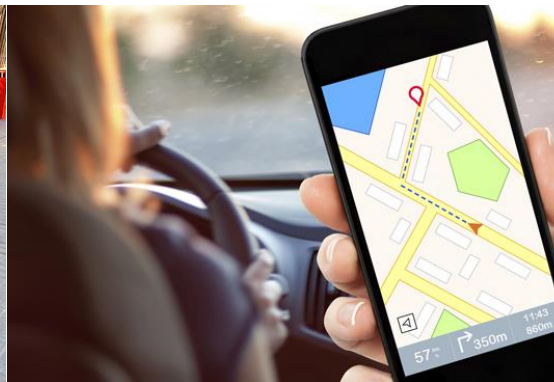


Noves formes d'accessibilitat

Durant una llarga etapa de la història, l'**accessibilitat física** (moure persones i objectes) ha estat quasi l'única forma d'accessibilitat per als humans

Però, des de fa més d'un segle, l'**accessibilitat virtual** ha esdevingut cada cop més determinant: primer, amb el desenvolupament de la telegrafia i el telèfon, més endavant, amb la ràdio i la televisió i, ja en les darreres dècades, amb les tecnologies de la informació i la comunicació (o tecnologies TIC) basades en internet i la telefonia mòbil

Avui dia, l'**accessibilitat** és el resultat de combinar nous (i vells) **mitjans físics** i **mitjans virtuals**. En molts casos, la nova accessibilitat ja no és concebible sense una estreta imbricació entre ells. Hem d'aprendre a gestionar-la



4. Canvis tecnològics en la mobilitat



Pila d'hidrogen

CANVI DELS VECTORS ENERGÈTICS

Abans s'ha vist que el **95% del transport** es mou amb **derivats del petroli** i que si no canvien les tendències actuals, el **petroli s'exaurirà vers el 2045**. Cal, doncs, un **canvi de vector energètic** urgent en el transport

Vehicles elèctrics amb bateries

Vehicles amb **motor elèctric** alimentat amb **bateries**. Sistema eficient però costós (les bateries), d'abast limitat, masses elevades i recàrrega lenta

Vehicles elèctrics amb piles de combustibles

Vehicles amb **motor elèctric** alimentat amb **hidrogen i pila de combustible**. Sistema poc eficient, voluminós i costós però, de gran abast i recàrrega ràpida

Vehicles elèctrics amb vies electrificades

Vehicles amb **motor elèctric** alimentat de la xarxa per mitjà de **catenària i tròlei**. Sistema eficient, de gran abast (sempre que existeixi la catenària) i recàrrega contínua. Requereix, però, una gran infraestructura molt costosa

Vehicles ICE amb biocarburants

Vehicles amb **motor tèrmic** alimentat amb **biocarburants**. Aplicacions excepcionals: rendiment molt baix i conflicte biocarburants/aliments

VEHICLE ELÈCTRIC AMB BATERIES

Bateries d'ió-liti:

Després de diverses alternatives (bateries De plom, níquel-cadmi, hidrurs de metall) s'han consolidat les **bateries d'ió-liti**

Les millors versions responen a:

Dens. grav. d'energia: 100 a 250 Wh/kg

Densitat vol. Energia: 250 a 620 Wh/litre

Densitat de potència: 0,3 a 1,5 kW/kg

Cost de la bateria: 180 a 300 €/kWh

Vida càrr./descàrr.: 500 a 1.200 cicles

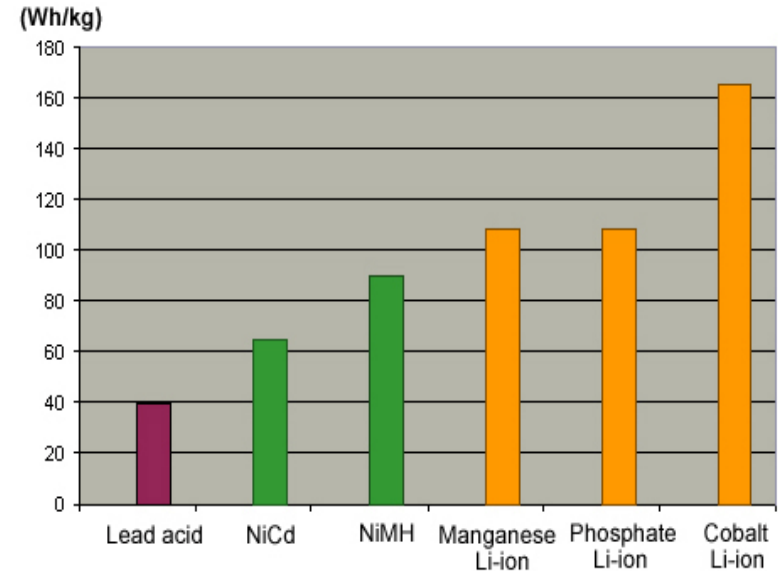
Un automòbil elèctric mitjà (pes 1500 kg, bateria 40 kWh), respon a:

Massa de la bateria: 240 a 280 kg

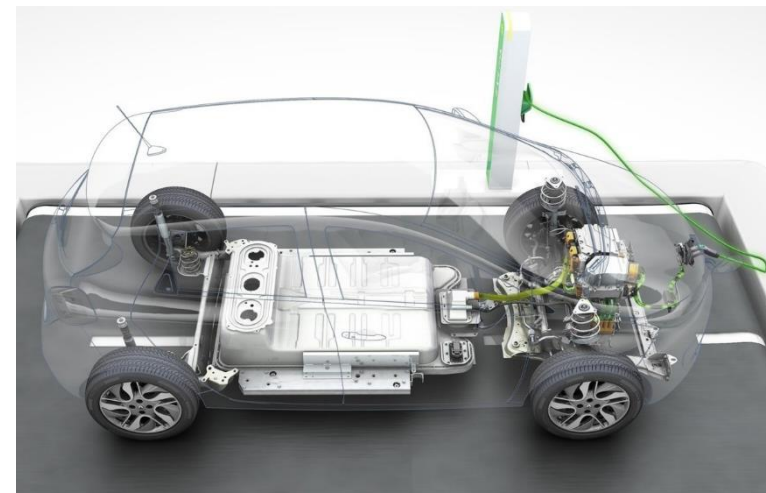
Abast d'una càrrega: 240 a 280 km

Cost de la bateria: uns 8.000 €

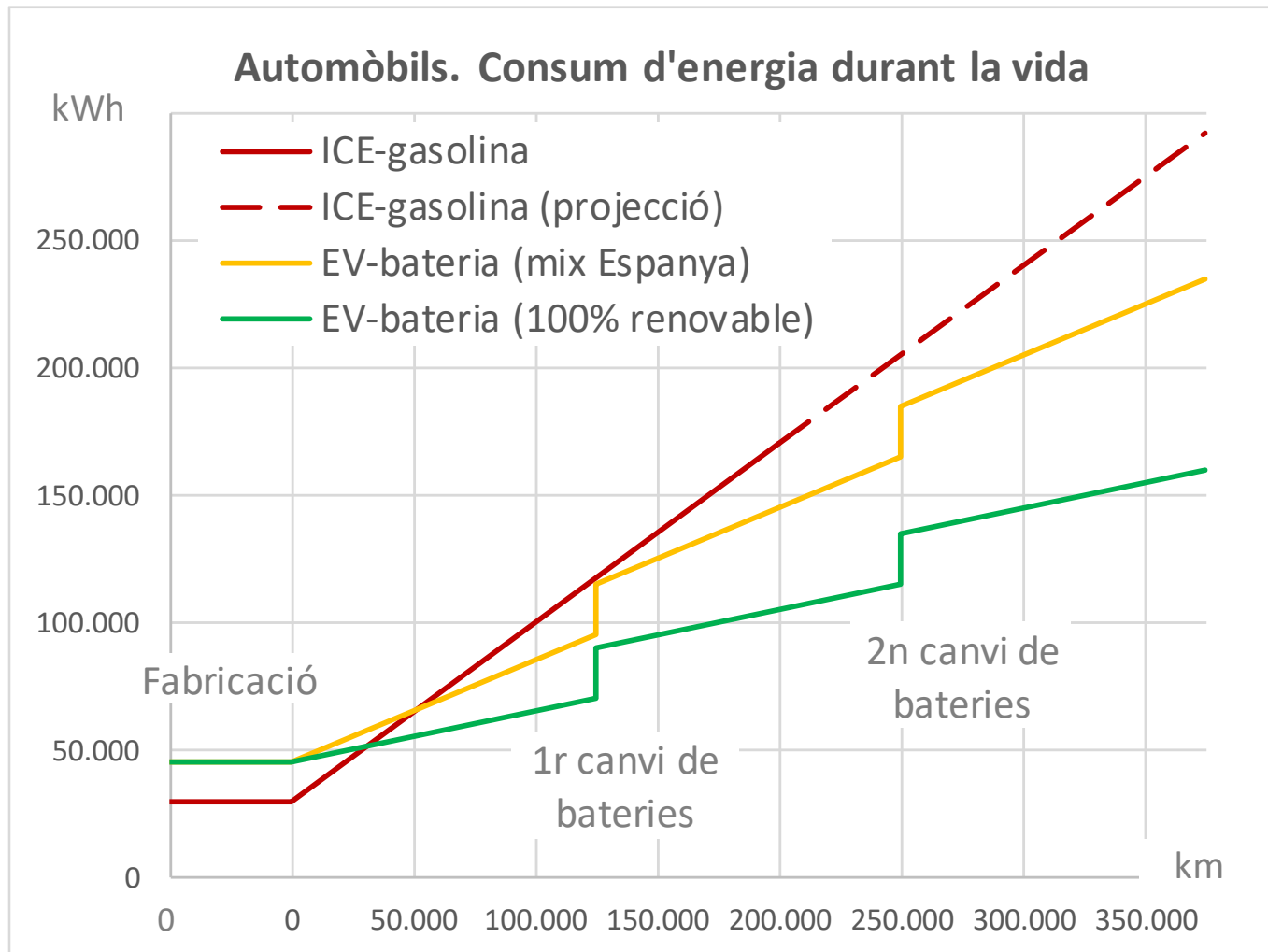
Vida de la bateria: 100.000 a 150.000 km



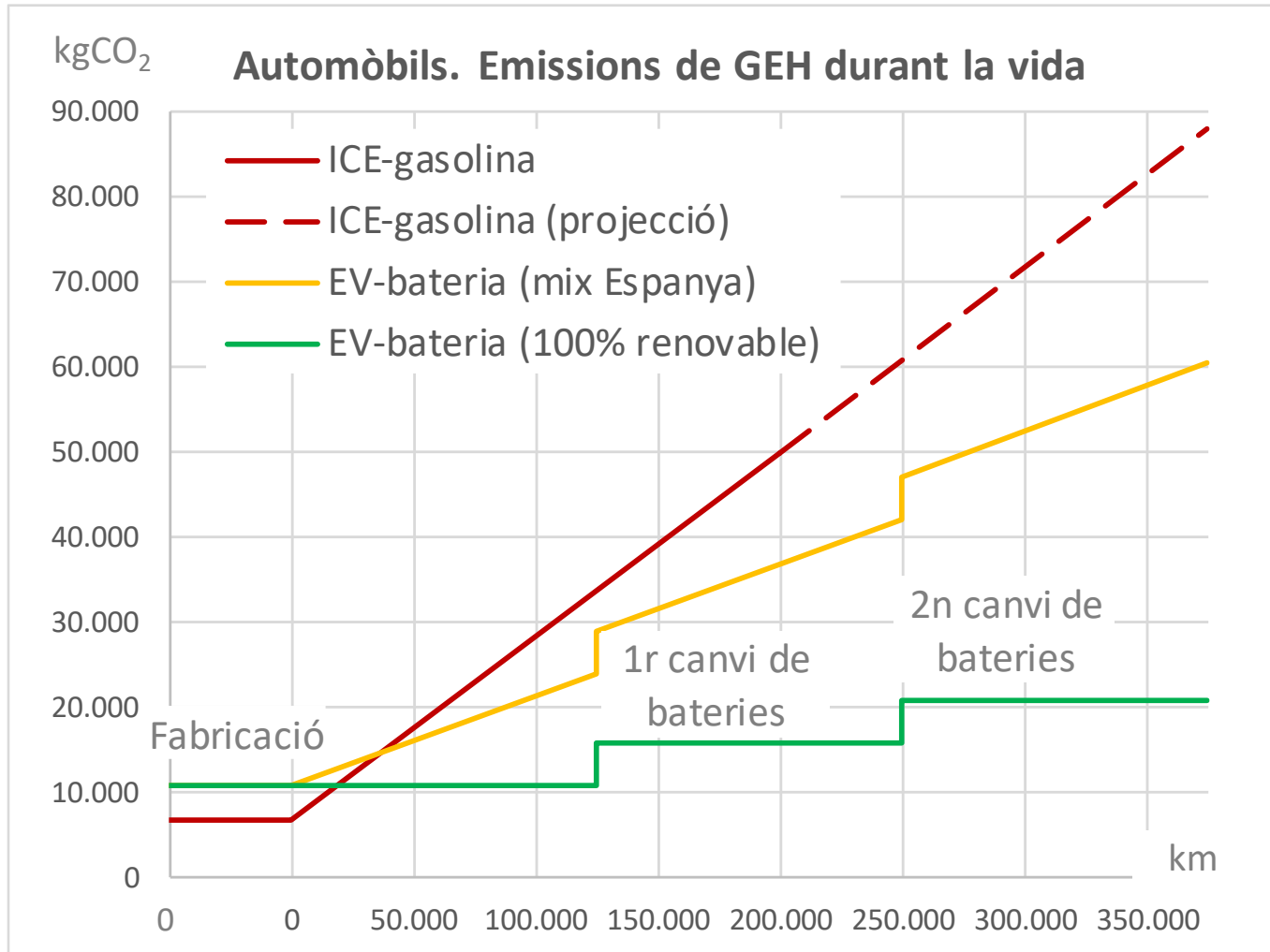
https://batteryuniversity.com/index.php/learn/archive/the_high_power_lithium_ion



Consum d'energia (kWh) en automòbils: comparació entre motor tèrmic i motor elèctric amb bateria (mix Espanya i 100% renovable)



Emissions de CO_{2eq} (GEH) en automòbils: comparació entre motor tèrmic i motor elèctric amb bateria (mix Espanya i 100% renovable)



Comentaris sobre l'automòbil elèctric

Transició al vector elèctric

La motorització elèctrica és la principal alternativa a la crisi dels fòssils i a l'emergència climàtica

Electricitat de fonts 100% renovables

El motor elèctric **millora el rendiment**, però on es produeix el veritable salt és en l'**eliminació d'emissions de GEH** (sobretot amb l'electricitat d'**origen 100% renovable**). També cal treballar perquè l'energia per fabricar el vehicle i les bateries sigui renovable

Consums i emissions en la fabricació i ús del vehicle

La fabricació de bateria fa que el consum d'energia i les emissions de GEH per fabricar el vehicle elèctric (EV) siguin superiors a les del vehicle de motor d'explosió (ICE); en canvi, durant l'ús el consum d'energia i les emissions de GEH del vehicle elèctric són molt més favorables

Caldrà, doncs, **rendibilitzar les inversions de fabricació**; això fa que les modalitats de **transport col·lectiu** i de **transport compartit** siguin preferibles davant del vehicle privat. En ciutat cal fomentar els vehicles petits amb poca bateria

Noves aplicacions de les bateries al transport

Vehicles de mobilitat personal:

Darrerament han proliferat els vehicles elèctrics per a la **mobilitat personal**: tricicles i bicicletes elèctriques (assistides), plataformes i rodes elèctriques, vehicles per a discapacitats, etc.

Aviació elèctrica

Més enllà de l'eclosió dels drons elèctrics, l'empresa israeliana Eviation ha desenvolupat l'**avió elèctric** Alice (9 passatgers i 2 pilots), de 1.050 km d'abast, velocitat de 440 Km/h i un cost d'operació menor que altres avions regionals. La capacitat de les bateries és de 900 kWh i la seva massa és d'uns 3.500 kg



Limitacions de les bateries

Necessitat de materials escassos:

Les bateries d'ió-liti requereixen materials escassos; entre ells el propi **liti** (>70% de les reserves en els Andes) i el **cobalt** (50% de les reserves al Congo)

Moltes de les actuals recerques en les bateries se centren en químiques basades en materials més abundants

Fi de vida:

Les bateries d'ió-liti usades en un automòbil (on la relació energia/massa és crítica) poden tenir **segons usos** en emmagatzematge elèctric per **aplicacions estàtiques**. És un camp encara per explorar

Per altre costat, tot i que encara no hi ha un mercat de bateries d'ió-liti usades, caldrà treballar en el seu **reciclatge**, que no s'endevina fàcil

Ocupació de territori destinat a captar energia:

Qualsevol vehicle elèctric requereix electricitat. En un futur 100% renovable, alimentar un automòbil elèctric amb bateries que recorri uns **25.000 km/any** demanarà un **camp fotovoltaic** d'entre **50 i 60 m²** de superfície bruta

VEHICLE ELÈCTRIC AMB H₂ i PILA D'HIDROGEN

H₂ i pila de combustible:

Una pila de combustible funciona sota el mateix principi de les bateries electroquímiques però no cal la lenta recàrrega elèctrica ja que s'alimenta per un flux continu d'un reactiu (com ara hidrogen, H₂) acumulat en un dipòsit extern. L'hidrogen no és una font d'energia, no existeix lliure a la naturalesa; però la hidròlisi de l'aigua permet emmagatzemar energia elèctrica en forma d'H₂.

Avantatges:

- Permet **acumular molta més energia** que una bateria de pes i volum similars
- La **recàrrega** de l'hidrogen és com la del gas natural en temps i operació
- És adequat per a **vehICLES pesants, recorreguts llargs i usos intensius**

Inconvenient:

- La baixa densitat de l'H₂ en dificulta l'emmagatzematge (**hidrogen líquid** a -252 °C, **0,071 kg/litre**; **hidrogen comprimit** a 700 bar, **0,040 kg/litre**), tot i que l'energia de l'hidrogen (33,3 kWh/kg) és 3 vegades la del gas natural
- L'emmagatzematge en base a l'H₂ (electròlisi de l'aigua, compressió de l'H₂, pila de combustible) té un **rendiment global** baix, de l'ordre del **35%**

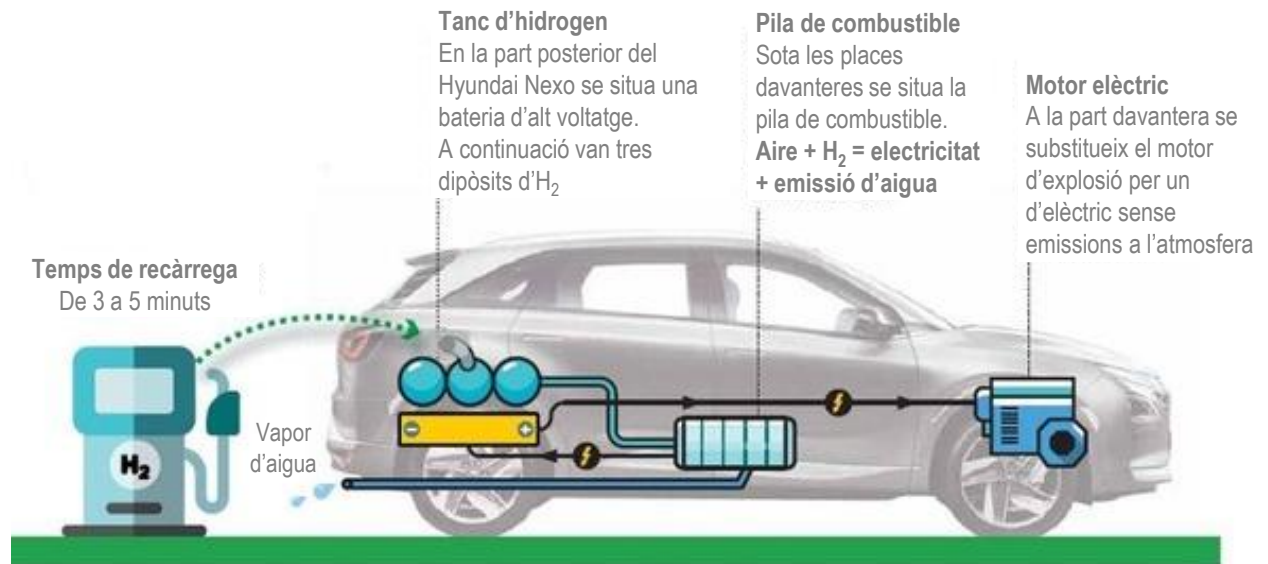
L'automòbil de pila de combustible

Les millors solucions del dipòsit d'hidrogen a 700 bar són:

Densitat gravimètrica d'energia (H ₂ + dipòsit):	40 gH ₂ /kg	1.350 Wh/kg
Densitat volumètrica d'energia (H ₂ + dipòsit):	40 gH ₂ /L	1.350 Wh/L

En un automòbil convencional (1500 kg, bateria de dipòsit de 5 kg d'H₂)

Massa de l'H ₂ + dipòsit:	125 kg
Volum de l'H ₂ + dipòsit:	125 L
Hidrogen emmagatzemat:	5 kg (167 kWh)
Abast amb una càrrega:	500 km



Hidrogen i pila de combustible en el transport

La pila de combustible sembla destinada a vehicles amb **carregues pesants**, **recorreguts llargs** i **utilitzacions intenses** (vaixells; avions; ferrocarrils no electrificats; camions; autobusos; maquinària d'obres públiques, toros o taxis)



VEHICLE ELÈCTRIC ALIMENTAT AMB CATENÀRIA I TRÒLEI

L'alimentació de vehicles elèctrics amb catenària i tròlei és una tecnologia de fa molts anys que s'utilitza especialment en el ferrocarril. Quan el terra és conductor (via fèrria: ferrocarril) amb un sol cable n'hi ha prou, però quan no ho és (carretera: troleibús, darrerament camions), cal un doble cable i tròlei

Avantatges: Facilita llargs recorreguts sense recàrregues
Bon rendiment, que pot ser de l'ordre del 80%

Inconvenients: Requereix una gran inversió en infraestructures
Requereix un sistema auxiliar en recorreguts fora de catenària



5. Canvis socials en l'accessibilitat



CANVIS SOCIALS EN L'ACCESSIBILITAT

La cerca d'una millor **accessibilitat** no es pot deslligar de la resta d'activitats humanes. En aquest sentit, es proposa reflexionar sobre els punts següents:

Fomentar la mobilitat no motoritzada

La **mobilitat no motoritzada** és la **forma més sostenible** d'accessibilitat i que la major part de la població pot exercir de forma autònoma a cost zero

Nous conceptes sobre proveïment

Cal repensar el **proveïment dels béns** que necessitem (i de forma especial, l'alimentació). Alhora, el proveïment es relaciona amb els residus

Nova ordenació del territori i de les ciutats

Cal estudiar a fons la incidència de l'**ordenació del territori** i l'**urbanisme de les ciutats** (treball, estudis, serveis, lleure) en l'optimització de la disponibilitat
També cal planificar les superfícies per captar l'energia sostenible

Revisar certs comportaments socials

Si bé el **turisme**, els **macroconcerts** i altres **esdeveniments** connecten amb els anhels de moltes persones, cal analitzar críticament la mobilitat que originen, els seus efectes i conseqüències

Fomentar la mobilitat no motoritzada

L'increment del consum energètic d'una persona quan **camina** és d'uns **24 Wh/km** (120 W a 5 km/h); i, quan pedala una **bicicleta**, d'uns **12 Wh/km** (180 W a 15 km/h). Són accions íntimament imbricades amb l'energia vital

Aquestes xifres són molt baixes comparades amb l'energia primària consumida per un **automòbil de motor d'explosió (700 Wh/km)** o un **automòbil elèctric 100% renovable (200 Wh/km)**. S'escapen d'aquests consums tan intensius el **patinet elèctric**, uns **45 Wh/km** (amb el mix elèctric d'Espanya), o uns **22 Wh/km** amb electricitat 100% renovable, i la **bicicleta assistida**.



Nous conceptes sobre proveïment

Avui dia el mercat regula el proveïment d'aliments i dels productes de primera necessitat de les grans metròpolis

El metabolisme bàsic d'una ciutat com Girona i entorn (136.000 habitants) implica **per persona** uns **4 kg/dia d'entrades** i **1,5 kg /dia de sortides**. O sigui, unes **540 tones/dia en proveïment de mercats** i unes **205 tones/dia en recollida de brossa** (200.000 i 75.000 tones anuals respectivament).

Tant a causa de la crisi de fòssils i l'emergència climàtica com de la congestió de les ciutats, cal planificar i innovar en el metabolisme de les ciutats



Nova ordenació del territori i de les ciutats

L'automòbil ha generat la sensació que la mobilitat motoritzada ho resol tot i, en conseqüència, ha transformat les ciutats i els territoris. Els usos del sòl urbà s'han segregat en residencial, industrial, comercial o lleure i les àrees artificialitzades han anat ocupant nous espais naturals i agrícoles

Amb la crisi dels fòssils i l'emergència climàtica, cal repensar l'**ordenació del territori** i el **funcionament de les ciutats** a fi de millorar l'accessibilitat amb una mobilitat i unes TIC sostenibles. També cal preveure la **superfície de captació d'energia renovable** (a Catalunya, el **2%** de la superfície)



Revisar certs comportaments socials

Hi ha comportaments socials molt dissipadors de recursos que cal revisar. Per exemple, quan **10.000 “fans”** viatgen en avió a un estadi situat **1.000 km** per defensar el seu equip, fan una despesa d'energia primària d'uns **12.000 MWh** i generen unes emissions d'unes **3.000 tones de CO₂**.

Cal que ens preguntem si és sostenible consumir **productes fora de temporada** o **exòtics** que recorren milers de km? O, transportar l'**aigua mineral** amb envasos no retornables? O les sortides de cada **cap de setmana**? O, continuar fomentant un **turisme massiu** de baix cost?

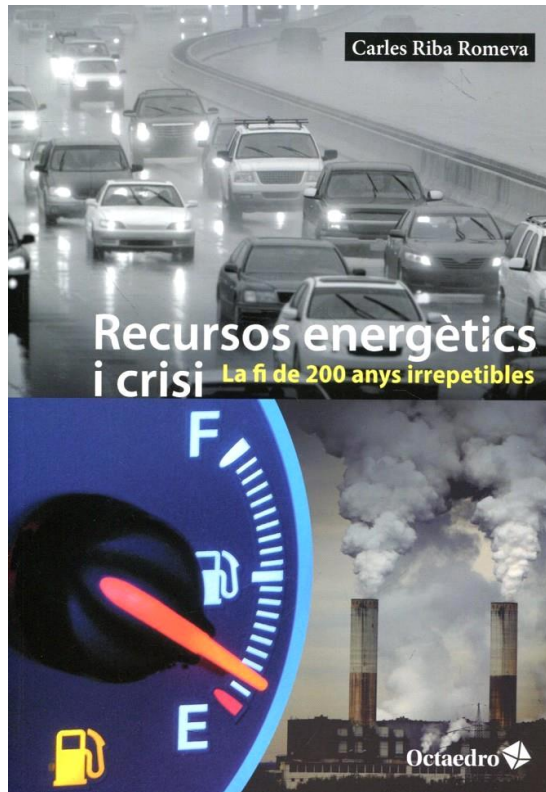


EPÍLEG

la present exposició es pot resumir en els punts següents:

- 1. La doble crisi fòssil i climàtica.** La **crisi dels combustibles fòssils** i l'**emergència climàtica** ja són aquí i, hi són per quedar-se
- 2. La mobilitat, punta de llança.** La **mobilitat** (de persones i béns), depèn del petroli i és la **punta de llança** d'aquesta doble crisi
- 3. Centrar-se en l'accessibilitat.** Cal posar el focus en l'**accessibilitat** de les persones als llocs, als béns, als serveis i al coneixement com a base del seu sosteniment i la seva participació i inclusió social
- 4. Calen solucions tècniques.** La crisi dels fòssils obliga a buscar **nous vectors energètics** i a desenvolupar **fonts d'energia sostenibles**. La mobilitat elèctrica se situa en el bon camí
- 5. I, sobretot, son necessaris canvis socials.** La transició energètica no es resoldrà tan sols amb tecnologies. També caldran canvis decisius en els **comportaments personals i col·lectius**

L'associació CMES i l'energia



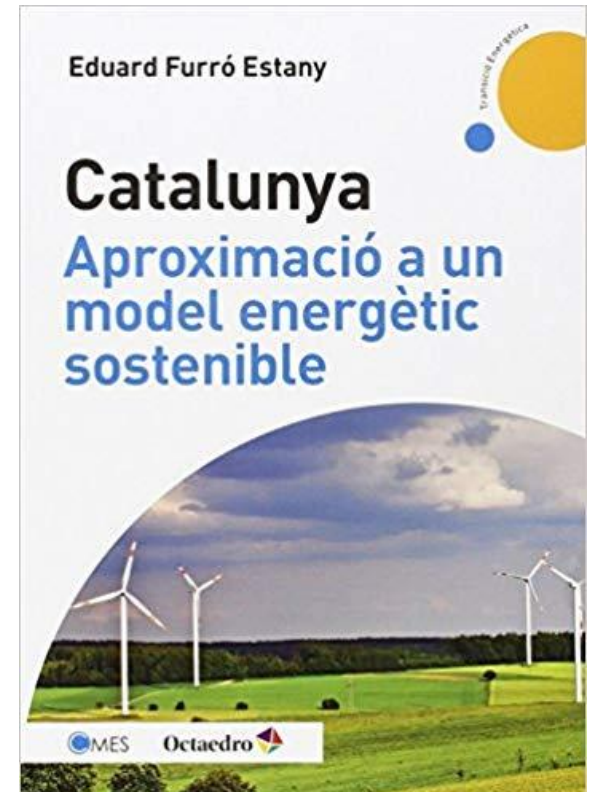
Detecció del problema

Carles Riba Romeva



El problema té solució

Ramon Sans Rovira



Programar les actuacions

Eduard Furró i Estany

<https://octaedro.com/libro/recursos-energetics-i-crisi/>

<https://octaedro.com/libro/el-col%C2%B7lapse-es-evitable/>

<https://octaedro.com/libro/catalunya-aproximacio-a-un-model-energetic-sostenible/>

L'associació CMES i l'energia



La governança de la TE
Josep Centelles Portella



Ferrocarril, segle XXI
Santiago Montero Homs

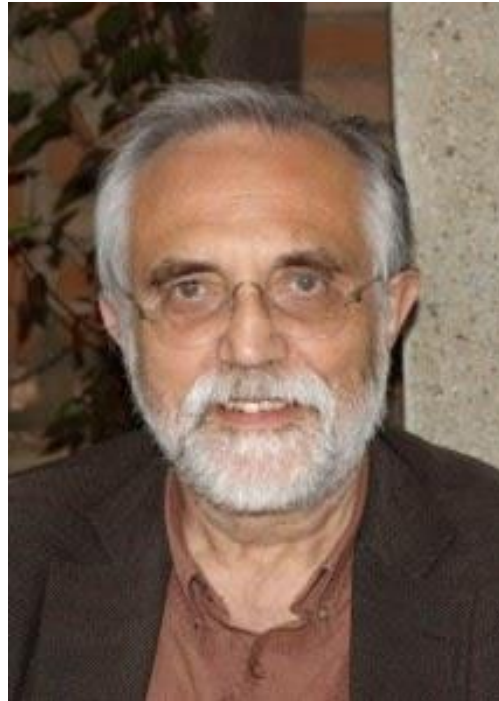


La transformació del SE
Eduard Furró i Estany

<https://octaedro.com/libro/cap-al-100-renovable/>

<https://www.doblerre.com/colecciones/tecnica-ciencia/47-ferrocarril-el-medio-de-transporte-del-siglo-xxi>

<https://octaedro.com/libro/la-transformacio-del-sistema-energetic-2/>



Carles Riba Romeva

President de CMES

(www.cmes.cat)

Professor emèrit de la UPC

(carles.riba@upc.edu)